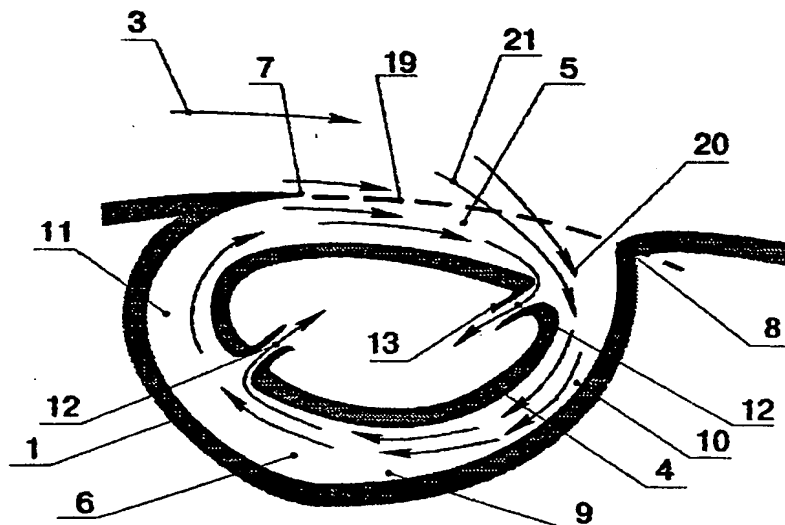


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения <sup>6</sup> : B64C 21/08	A1	(11) Номер международной публикации: WO 95/32122 (43) Дата международной публикации: 30 ноября 1995 (30.11.95)
(21) Номер международной заявки: PCT/RU94/00198 (22) Дата международной подачи: 24 августа 1994 (24.08.94) (30) Данные о приоритете: 94016513 20 мая 1994 (20.05.94) RU (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЗАКРЫТОГО ТИПА "ЛАЙТ МАРКЕТ", [RU/RU]; 103527 Москва, Зеленоград, 802-66 (RU) [LIGHT MARKET LTD. COMPANY, Moscow (RU)]. (72) Изобретатели; и (75) Изобретатели / Заявители (только для US): ФИЩЕНКО Сергей Викторович [RU/RU]; 353890 Приморско-Ахтарск, Краснодарский край, ул. Ленина, д. 21, кв. 17 (RU) [FISCHENKO, Sergei Viktorovich, Primorsko-Akhtarsk (RU)]. ШИБАНОВ Анатолий Петрович [RU/RU]; 141260 Красноармейск, Московская обл., ул. Восточная, д. 4, кв. 5 (RU) [SNIBANOV, Anatoly Petrovich, Krasnoarmeisk (RU)]. ЯРУНИН Николай Дмитриевич [RU/RU]; Павлово, Нижегородская обл., ул. Куйбышева, д. 31, кв. 6 (RU) [YARUNIN, Nikolai Dmitrievich, Pavlovo (RU)].	(74) Агент: УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОНСАЛТИНГОВАЯ ФИРМА "ЛЕВ КЛИМЕНКО ЛТД"; 119285 Москва, ул. Пудовкина, д. 4, офис 501 (RU) [UNIVERSAL CONSULTING COMPANY "LEV KLIMENKO LTD", Moscow (RU)]. (81) Указанные государства: BR, CA, CN, DE, GB, JP, KR, UA, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), патент ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  Опубликована С отчетом о международном поиске.	

(54) Title: BOUNDARY LAYER CONTROL DEVICE

(54) Название изобретения: УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ



## (57) Abstract

The proposed boundary layer control device is designed in the form of a cavity (1) on the surface of the object in question, within which a central body (4) is arranged in such a way that an annular channel (5, 6) is formed between the cavity walls and the body. The central body is hollow and connected to a vacuum source. Air intakes (12) are provided on the surface of the central body, while the interior of the annular channel (6) is shaped as a converger-diffuser flow-through duct. The cavity is provided with means for fixing the position of the separation line and locating the position of the connection line of the boundary layer. Those means can take the form of an acute forward (7) and blunted rear (8) edge, or of nozzles (15) on the forward edge of the cavity for tangential blowing into the outer section of the annular channel, with suction channels on the rear edge of the cavity (16). When in operation, the device reduces the power consumption of the suction system and improves the aerodynamic characteristics of the object.

Устройство управления пограничным слоем выполнено в виде образованной на поверхности объекта каверны (1) с размещенным в ее полости центральным телом (4) таким образом, что между ним и стенками каверны образуется кольцевой канал (5), (6). Центральное тело выполнено полым и сообщено с источником низкого давления. На поверхности центрального тела размещены воздухозаборники (12), а внутренняя часть кольцевого канала (6) выполнена в виде конфузорно-диффузорного проточного тракта. Каверна снабжена средством фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя, которое может быть выполнено в виде острой передней (7) и притупленной задней (8) кромок или в виде образованных на передней кромке каверны сопел тангенциального вдува (15) во внешний участок кольцевого канала (5) и каналов отсоса на задней кромке каверны (16). При работе устройства уменьшается энергопотребление системы отсоса и улучшаются аэродинамические характеристики объекта.

#### ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KR	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

## **Устройство управления пограничным слоем.**

### **Область техники.**

Изобретение относится к системам управления пограничным слоем на поверхности объектов, движущихся в газовой среде, и предназначено для предотвращения отрыва потока от элементов конструкции объектов, например, летательных аппаратов.

### **Предшествующий уровень техники.**

Отрыв потока от поверхности летательного аппарата или другого транспортного средства, движущегося в воздушной среде, зачастую является нежелательным явлением, сопровождающимся резким ухудшением аэродинамических характеристик объекта. В частности, развитый отрыв на крыле летательного аппарата приводит к значительному падению подъемной силы, смещению центра давления и увеличению неиндуктивной части сопротивления. Возникновение отрыва на фюзеляже летательного аппарата выражается в относительно высоком вкладе сопротивления фюзеляжа в общее сопротивление летательного аппарата.

Физическая природа явления отрыва потока обусловлена недостаточной для преодоления неблагоприятного положительного градиента давления энергией частиц в пристеночном пограничном слое. Поэтому в известных способах управления отрывом используется принудительное повышение уровня энергии этих частиц. Для этого, например, отсасывают ту часть пограничного слоя, которая не может преодолеть установившийся на обтекаемой поверхности градиент давления, в результате чего удаленный подслоем замещается новым подслоем, находящимся выше него и обладающим большей энергией. Альтернативой отсосу является тангенциальный вдув высоконапорной струи в пристеночную часть пограничного слоя. В этом случае энергия частиц в слое возрастает за счет процесса турбулентного смешения со струей. Преимущества и недостатки упомянутых способов повышения энергии частиц в пристеночном слое хорошо известны. Так, первые связаны с теоретической возможностью минимальных энергетических затрат, особенно в случае реализации распределенного по поверхности отсоса, а вторые обусловлены, главным образом, проблемой засорения системы дренажа для забора пристеночного газа и, кроме того, в случае вдува, заметным падением его эффективности с ростом скорости движения

объекта. Поэтому отсос с больших площадей поверхности не получил практической реализации, а применение вдува ограничено малыми скоростями движения объекта.

Управление пограничным слоем посредством отсоса, реализуемого на  
5 небольшом участке поверхности, известно из работы устройства, содержащего в качестве отсасывающего элемента перфорированную трубку, размещенную в углублении, образованном на стенке расширяющегося канала (US, № 2841182). Известное устройство может быть эффективным в случае применения в каналах со значительным ростом давления на относительно малой длине стенки канала по потоку. Такие условия реализуются, например, в диффузорах с большой степенью расширения, используемых, главным образом, в компрессорных установках. В связи с высоким давлением рабочей среды в компрессоре на перфорированных стенках отсасывающей трубки создается значительный градиент давления в радиальном направлении трубки, что уменьшает вероятность засорения дренажной системы. С другой стороны, для работоспособности устройства необходимо слить весь пограничный слой в месте размещения углубления, что позволяет осуществить безотрывное течение в сильно расширяющихся диффузорах малой длины. Однако это обстоятельство исключает применение  
10 известного устройства для управления пограничным слоем на поверхности летательного аппарата, так как в этом случае энергозатраты на полный слив пограничного слоя существенно превышают необходимые для достижения безотрывного обтекания.  
15  
20

К числу недостатков, исключающих применение описанного устройства для управления пограничным слоем на поверхности летательного  
25 аппарата, относится и то, что приведенная форма углубления, а именно, его задней кромки, обеспечивает выполнение устройством своих функций лишь при вполне определенных параметрах внешнего потока. Изменение градиента давления или направления внешнего потока над углублением  
30 приведет к возникновению на указанной задней кромке отрыва потока, что вызовет сильное возмущение внешнего потока и ухудшение аэродинамических характеристик летательного аппарата.

Известно устройство, реализующее отсос пограничного слоя через выполненную на поверхности летательного аппарата ячеистую структуру  
35 (US, № 4671474 ). Ячейки ориентированы поперек потока и имеют

поперечное сечение, близкое к квадратному. С некоторым шагом в ячейках установлены перегородки, в центрах которых имеются отверстия для отсоса воздуха. Расстояние между перегородками больше глубины ячейки. При отсосе внутри ячейки образуется вихрь с осью, близкой к оси ячейки. Вихрь состоит из частиц, совершающих движение по спиральным траекториям с началом в пограничном слое и концом на отверстии в перегородке. Устройство успешно решает проблему засорения при отсосе, т.к. при высокой скорости на отверстиях и достаточно большом их диаметре засорение маловероятно. Вместе с тем, известному техническому решению присущи по крайней мере следующие недостатки.

Прежде всего, это выражается в необходимости использовать большое количество перегородок для того, чтобы обеспечить более или менее равномерный отсос вдоль ячеек и устойчивость вихря между перегородками, что приводит к большому гидродинамическому сопротивлению системы и, как следствие, к высокому уровню энергопотребления. Кроме того, при большом числе перегородок возрастает количество источников отсоса, что усложняет задачу их согласования в единый газодинамический тракт.

Еще один недостаток обусловлен формой ячейки, создающей большое сопротивление внешнему потоку. В частности, общее ребро двух последовательно расположенных по потоку ячеек будет обтекаться с местным отрывом, что и будет причиной ухудшения аэродинамических характеристик объекта.

Известно устройство управления пограничным слоем, представляющее собой одну или несколько каверн в форме каналов, выполненных на поверхности летательного аппарата в поперечном к потоку направлении (RU, № 2015942 ). Поперечное сечение каверны имеет форму гладкой кривой с заостренной передней и притупленной задней кромками, причем ширина каверны превосходит ее глубину. Внутри каверны размещено тело обтекаемой формы таким образом, что между стенками каверны и тела образуется канал кольцевого сечения, имеющий открытый во внешний поток участок. В нижней части каверны располагается вход в канал отсоса, связывающий полость каверны с источником низкого давления.

Тело обтекаемой формы, называемое далее «центральным телом», выполняет функцию формообразования внутреннего и внешнего участков кольцевого канала, для которого имеют место минимальные потери полного

го давления в потоке отсасываемого воздуха.

Заостренная передняя и притупленная задняя кромки каверны образуют средство для фиксации места расположения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя в широком  
5 диапазоне параметров внешнего потока, в результате чего на аэродинамической поверхности объекта формируется течение, близкое к безотрывному обтеканию проницаемой стенки.

Известное устройство в отличие от предыдущего аналога позволяет осуществить как равномерный, так и переменный по длине каверны отбор  
10 воздуха из ее полости. Это обеспечивается выполнением канала отсоса, позволяющего изменять местные расходные параметры, например, выбором определенной величины проходного сечения канала. Кроме того, форма полости, из которой производится отбор воздуха, в виде каверны позволяет снизить уровни сопротивления внешнему потоку, которые могут  
15 быть еще уменьшены соответствующей профилировкой каверны и центрального тела.

Вместе с тем, последний аналог имеет существенный недостаток, обусловленный особенностью течения в кольцевом канале каверны. Так, можно показать, что при работе устройства на стационарных режимах в  
20 кольцевом канале каверны будут существовать одновременно два типа течений. Линии тока первого типа будут начинаться в пограничном слое и заканчиваться в канале отсоса. Линии тока второго типа течения будут замкнутыми, а частицы, движущиеся по ним, будут образовывать либо локальные отрывные зоны, либо кластер, охватывающий область у поверхности центрального тела. В частности, траектории всех частиц, перетекающих из внутренней части кольцевого канала в его открытую часть, будут  
25 принадлежать именно ко второму типу. Эти частицы не будут участвовать в массообмене, но будут потреблять энергию частиц отсасываемого воздуха, которая рассеивается в кластере в процессе вязкой диссипации. Эта особенность работы устройства снижает его эффективность и приводит к  
30 избыточному энергопотреблению системы.

Другой недостаток наиболее близкого аналога связан с проблемой согласования большого числа источников отсоса.

### **Раскрытие изобретения.**

Задачей изобретения является создание такого устройства управления пограничным слоем, которое бы позволило с наименьшими энергетическими затратами эффективно влиять на улучшение аэродинамических характеристик объекта, предотвращая отрыв потока на его поверхности.

Для решения поставленной задачи в известном устройстве управления пограничным слоем, выполненном в виде образованных на поверхности объекта полостей-каверн в форме каналов, расположенных друг за другом вниз по потоку в поперечном к нему направлении, при этом каверна газодинамически связана с источником низкого давления и снабжена средством фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения внешнего пограничного слоя, причем ширина каверны превосходит ее глубину и в каждой из каверн размещено адекватное по форме центральное тело с образованием со стенками каверны кольцевого канала с внешним участком, ограниченным центральным телом и аэродинамической поверхностью объекта, при этом ширина кольцевого канала меньше поперечного размера центрального тела, последнее выполнено полым и сообщено с источником низкого давления, а газодинамическая связь каверны с этим источником осуществлена посредством размещенных на поверхности центрального тела воздухозаборников, сообщенных с полостью центрального тела, при этом форма центрального тела и каверны выполнены с возможностью образования в ее кольцевом канале конфузорно-диффузорного проточного тракта.

Средство фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя может быть выполнено в виде передней и задней кромок каверны определенной геометрии (соответственно, острой и притупленной), а также в виде образованных на этих кромках сопел тангенциального вдува и каналов отсоса. В последнем случае сопла вдува и каналы отсоса целесообразно выполнить с переменным расходом по длине каверны.

Воздухозаборники на поверхности центрального тела могут быть

выполнены с переменным по длине каверны проходным сечением. Кроме того, воздухозаборники целесообразно выполнить в виде профилированных каналов с диффузорной выходной частью. В этом случае входное сечение каналов может быть расположено как в нормальном, так и в тангенциальном направлении к поверхности центрального тела.

Во всех случаях выполнения устройства полость каждого центрального тела может быть сообщена с источником низкого давления посредством многоступенчатого эжектора с общим каналом с возможностью регулирования расхода воздуха, поступающего в проточную часть канала из полости каждого центрального тела.

Приведенные выше признаки являются существенными и в своей совокупности позволяют решить задачу изобретения.

Так, выполнение центрального тела полым и осуществление газодинамической связи каверны с источником низкого давления через воздухозаборники на поверхности центрального тела позволяет в кольцевом канале каверны сформировать течение со спиральными линиями тока с началом во внешнем течении и концом на входах воздухозаборников. Спиралеобразный характер линий тока свидетельствует об отсутствии вокруг центрального тела «паразитного» закольцованного течения, которое, как это отмечалось при описании ближайшего аналога, приводило к образованию кластера, охватывающего область у поверхности центрального тела и поглощающего энергию частиц, вовлеченных в массоотбор из каверны, что и обуславливало неэффективность аналога в связи с необходимостью больших энергетических затрат для осуществления отсоса.

В предложенном устройстве устранен основной фактор, являющийся причиной избыточных энергозатрат. Выполнение же центрального тела и каверны с возможностью образования в ее кольцевом канале конфузорно-диффузорного проточного тракта позволяет избежать значительных потерь полного давления в кольцевом канале на разворотах потока, что в совокупности с отмеченными выше признаками существенно повышает эффективность устройства по сравнению с ближайшим аналогом.

Выполнение средства фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя в виде острой передней и притупленной задней кромок каверны позволяет наиболее



простым путем, только за счет определенной геометрии поверхности, обеспечить оптимальные условия для безотрывного обтекания объекта в широком диапазоне параметров внешнего течения.

5 Реализация этого же средства, включающего сопла тангенциального вдува на передней кромке каверны способствует повышению уровня энергии на внешнем участке кольцевого канала, предотвращая отрыв потока от поверхности центрального тела, и в пограничном слое над каверной, создавая тем самым благоприятные условия для безотрывного обтекания воздухом аэродинамической поверхности объекта. Применение  
10 для локализации положения линии присоединения пограничного слоя на задней кромке каверны каналов отсоса позволяет создать при определенных параметрах внешнего потока наиболее благоприятные условия для втекания воздуха во внутреннюю часть кольцевого канала, в частности минимизировать потери энергии течения во внутренней части кольцевого  
15 канала. Подобное решение уместно при использовании устройства для управления течением с ограниченным набором параметров, например, на взлетно-посадочном режиме.

Условия обтекания могут быть еще улучшены выполнением сопел вдува и каналов отсоса на задней кромке с переменным расходом по длине  
20 каверны, т.к. в сочетании с формой каверны, центрального тела и проточных сечений воздухозаборников этот фактор позволяет в широких пределах влиять на распределение потока массы в полость каверны из внешнего течения.

Выполнение воздухозаборников в виде профилированных каналов  
25 позволяет влиять на их гидравлические сопротивления и на условия течения на входе воздухозаборников, и тем самым дает возможность реализовать наилучшие условия течения над каверной с одновременным снижением энергозатрат на отсос потока. При этом во всех случаях выполнение выходной части профилированного канала в форме диффузора  
30 приводит к снижению гидравлического сопротивления воздухозаборника. Размещение входа канала воздухозаборника в нормальном к поверхности центрального тела направлении способствует снижению потерь на развороте потока в кольцевом канале, а расположение входа канала в тангенциальном направлении к центральному телу препятствует возникновению  
35 отрыва на поверхности центрального тела и во внешней части кольцевого

канала.

Применение многоступенчатого эжектора с общим каналом, позволяющим регулировать расход воздуха, поступающего в проточную часть канала из полости центрального тела, в сочетании с возможностью объединения центральным телом функций ресивера отсоса и газовода обеспечило упрощение конструкции, выраженное в использовании минимального количества эжекторов, и позволило оптимальным образом решить проблему согласования источников отсоса.

Таким образом, приведенная совокупность признаков, характеризующих предложенное устройство управления пограничным слоем, обуславливает появление соответствующей совокупности технических результатов, которые обеспечивают решение задачи изобретения.

Анализ уровня техники показывает, что отсутствует устройство управления пограничным слоем, которому присущи признаки, идентичные всем существенным признакам предлагаемого устройства, что свидетельствует о его неизвестности и, следовательно, новизне.

Что касается признаков, отличающих заявленное устройство от ближайшего аналога, то сходные признаки известны из первого аналога, описанного в разделе, посвященном предшествующему уровню техники. Действительно, использование в этом аналоге для отсоса пограничного слоя проницаемого трубчатого тела, размещенного в углублении стенки диффузора, устраняет отрыв потока от ее поверхности. Однако при этом происходит почти полный слив пограничного слоя и такая перестройка течения в проточном тракте над углублением, которая соответствовала бы условиям, реализующимся в коротких диффузорах с большой степенью расширения и малым гидравлическим сопротивлением.

В предложенном устройстве управления пограничным слоем отбор воздуха из каверны приводит к формированию течения со структурой линий тока, близкой к структуре в пограничном слое над твердой проницаемой поверхностью, например, перфорированной стенкой, что соответствует наилучшим условиям обтекания аэродинамической поверхности объекта, относящегося к области использования изобретения, например, летательного аппарата или другого транспортного средства. Это достигается благодаря конструктивному выполнению углубления в виде каверны

определенной формы и использованию специального средства для фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя, отсасывающего элемента в виде центрального тела с воздухозаборниками и наличием кольцевого канала между центральным телом и каверной. Что касается последнего признака, то в рассматриваемом аналоге он отсутствует, т.к. в соответствии с описанием аналога сечение отсасывающего трубчатого элемента много меньше поперечного сечения углубления, в связи с чем поле течения в нем более соответствует структуре течения жидкости в полузамкнутом объеме с точечным стоком, чем в канале с проницаемой стенкой, ширина которого много меньше длины.

Таким образом, можно утверждать, что аналог не дает оснований для вывода об известности влияния отличительных признаков на достигаемый изобретением технический результат, что позволяет заключить о соответствии предложенного решения изобретательскому уровню.

#### **Краткое описание чертежей.**

В дальнейшем изобретение поясняется чертежами:

**Фиг. 1:** Поперечное сечение поверхности объекта с образованной в ней полостью-каверной.

**Фиг. 2:** Каверна со средством фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя в виде сопел вдува и каналов отсоса.

**Фиг. 3:** Группа каверн с многоступенчатым эжектором.

**Фиг. 4:** Центральное тело тангенциальным входом воздухозаборника.

**Фиг. 5:** Центральное тело с нормальным входом воздухозаборника.

#### **Лучший вариант осуществления изобретения.**

Устройство управления пограничным слоем (Фиг. 1) состоит из одной или нескольких полостей-каверн (1), образованных на поверхности (2) объекта, например летательного аппарата. Каверны газодинамически связаны с источником низкого давления (на чертежах не показан) и имеют вид

каналов, ориентированных поперек внешнего потока, направление которого (3) показано на Фиг. 1, 2 стрелками.

В качестве источника низкого давления может быть использовано любое известное устройство, создающее разрежение, например, отсасывающий вентилятор. Внутри каверны закреплено любым удобным способом центральное тело (4), адекватное по форме полости каверны, таким образом, что между телом (4) и стенками каверны (1) образуется кольцевой канал, имеющий открытый в поток внешний участок (5) и внутренний участок (6). Каверна (1) на поверхности (2) объекта выполнена таким образом, чтобы передняя (7) и задняя (8) ее кромки образовывали средство для фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя над каверной. При этом фиксация положения линии отрыва означает строгую геометрическую привязку положения указанной линии к элементам конструкции устройства (передней кромке (7) каверны (1)), а локализация положения линии присоединения означает ограничение возможного смещения положения указанной линии (при изменении параметров внешнего потока) небольшим участком на задней кромке (8) каверны (1). Для этого передняя кромка (7) может быть выполнена острой, а задняя кромка (8) -- притупленной, как это изображено на Фиг. 1. Ширина каверны превосходит ее глубину, а габаритные параметры центрального тела (4) должны соответствовать длине каверны и ее глубине таким образом, чтобы ширина кольцевого канала между центральным телом и каверной была бы меньше поперечного размера центрального тела по всей длине каверны. Форма центрального тела и каверны выполнены таким образом, что в кольцевом канале на внутреннем его участке (6) образуется проточный тракт в виде диффузора (9) и сопряженных с ним на входе и выходе двух конфузоров (10) и (11).

Центральное тело выполнено полым и снабжено воздухозаборниками (12), размещенными на его поверхности. Проходное сечение воздухозаборников может быть переменным по длине каверны. Полость централь-

ного тела сообщена с источником низкого давления, обеспечивающим при включенном отсосе отбор воздуха из кольцевого канала посредством воздухозаборников (12). Конструкция воздухозаборников может быть разнообразной, в том числе и наиболее простой -- в виде отверстий в  
5 поверхности центрального тела. Однако наибольшую эффективность всего устройства управления пограничным слоем обеспечивает выполнение воздухозаборников в виде профилированных каналов с диффузорной выходной частью (13), как это показано на Фиг. 1,4,5. При такой реализации воздухозаборников входное сечение (14) профилированного канала может  
10 располагаться как в нормальном (Фиг.4), так и в тангенциальном (Фиг.5) направлении к поверхности центрального тела. Выбор определяется конкретной задачей и местом расположения воздухозаборника. Так, нормальное расположение входного сечения более эффективно при размещении воздухозаборников на поверхности центрального тела в зонах разворота  
15 течения в кольцевом канале каверны, как это показано на Фиг.4. В этом случае снижаются потери полного давления в кольцевом канале в окрестности входного сечения канала воздухозаборника. Для того, чтобы не допустить отрыва потока в кольцевом канале от поверхности центрального тела, целесообразно использовать тангенциальное расположение входного  
20 сечения профилированного канала и разместить воздухозаборники на центральном теле в промежутке между разворотами течения. В любом из вариантов расположения входного сечения канала воздухозаборника выполнение его выходной части (13) в виде диффузора уменьшает местное гидравлическое сопротивление профилированного канала и способствует  
25 тем самым снижению потерь полного давления отсасываемой части газа.

Изобретение позволяет воздействовать на внешний поток не только путем отсоса, но и посредством вдува газа в пристеночную часть потока, что осуществляется одним из вариантов выполнения средства фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения  
30 пограничного слоя, представленным на Фиг.2. В этом варианте передняя кромка каверны выполнена в виде сопел (15) тангенциального вдува во внешний участок (5) кольцевого канала, а задняя кромка содержит шелевой канал отсоса (16). При этом сопла вдува и отсоса могут быть

выполнены с переменным расходом по длине каверны.

5 При использовании в устройстве группы каверн полость каждого из размещенных в них центральных тел может быть сообщена с источником низкого давления посредством многоступенчатого эжектора, представляю-  
щего собой канал (17), соединенный с внутренними объемами централь-  
ных тел газоведами (18) (Фиг.3). Посредством эжектора осуществляется  
согласование между собой отбора воздуха из каверн с различными величинами  
давления над ними в зоне положительного градиента давления на  
поверхности объекта.

10 При обтекании воздухом объекта на передней кромке (7) каверны (1) происходит отрыв пограничного слоя. Однако отсос воздуха из полости каверны приводит к такому перераспределению энергии поперек погра-  
ничного слоя, при котором значительная его часть преодолевает возраста-  
ющее вниз по потоку давление и вновь присоединяется к поверхности  
15 объекта за пределами каверны. В результате формируется безотрывное обтекание поверхности, состоящей из непроницаемых частей — твердых элементов стенки объекта -- и проницаемых участков в виде газодинами-  
ческого продолжения твердой стенки. В целом такое образование известно  
под названием «аэродинамической поверхности». По физической природе  
20 проницаемые участки аэродинамической поверхности представляют собой поверхности -- сепаратрисы (19), разделяющие внешнее течение (набега-  
ющий поток) и внутреннее течение (в каверне). Начало сепаратрисы располагается на линии отрыва пограничного слоя, а конец сепаратрисы --  
на линии его присоединения.

25 Для того, чтобы избежать значительного изменения формы аэродина-  
мической поверхности при изменении параметров внешнего течения, необходимо зафиксировать положение на объекте линии отрыва и локали-  
зовать положение линии присоединения пограничного слоя. Выполнение  
этого условия препятствует нестационарному характеру обтекания объекта  
30 в окрестностях указанных линий и исключает тем самым основной фактор  
дестабилизации течения. При выполнении средства фиксации линии  
отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного  
слоя в виде острой передней кромки (7) каверны и притупленной задней

ее кромки (8), соответствующие линии-сепаратрисы (19) будут располагаться на передней (линия отрыва) и задней (линия присоединения) кромках каверны.

5 Когда средство фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения образовано соплами вдува (15) и каналами отсоса (16), начало и конец сепаратрисы будут располагаться соответственно на выходе сопла вдува и на входе канала отсоса.

В обоих случаях достигается геометрическая привязка сепаратрисы (19) к элементам поверхности объекта, однако во втором случае, кроме  
10 того, повышается уровень энергии во внутреннем течении открытой части (5) кольцевого канала, что позволяет избежать отрыва потока от поверхности центрального тела в этой части канала.

Работает устройство управления пограничным слоем следующим образом.

15 При безотрывном обтекании аэродинамической поверхности объекта, образовавшейся в результате отсоса, структура линий тока внешнего течения оказывается близкой к структуре линий тока в пограничном слое над твердой проницаемой поверхностью. При этом на сепаратрисе (19) устанавливается поток массы в полость каверны (1). Изменяя геометрию  
20 каверны, центрального тела и профилировку проточных трактов воздухозаборников (12), можно в широких пределах влиять на распределение потока массы на сепаратрисе, реализуя тем самым различные режимы безотрывного обтекания поверхности (2) объекта.

Так как включение отсоса приводит к появлению градиента давления  
25 в направлении полости каверны, то есть в ортогональном по отношению к скорости внешнего потока направлении, то траектории частиц газа искривляются, и в кольцевом канале каверны реализуется течение со спиральными линиями тока (20), (21) с началом на сепаратрисе (19) и концом на входах каналов воздухозаборников (12). Траектория частиц газа содержит не-  
30 сколько разворотов на  $180^\circ$  у торцов центрального тела, что может быть причиной потерь полного давления в кольцевом канале. Однако эти потери

уменьшаются благодаря выполнению канала в виде конфузорно-диффузорного проточного тракта, а также размещению воздухозаборников на центральном теле в местах разворота потока.

В некоторых случаях характер спиралеобразного движения частиц газа в кольцевом канале может быть нарушен из-за отрыва течения на поверхности центрального тела на внешнем участке (5) канала. Такой отрыв возникает при избыточной длине внешнего участка кольцевого канала. Для предотвращения отрыва на поверхности центрального тела, ограничивающей указанный участок, с нее в этом случае осуществляется слив пограничного слоя через воздухозаборник с тангенциальным входом.

Поступая в полость центрального тела по профилированному каналу воздухозаборника, поток газа испытывает меньшее сопротивление, чем в случае отсутствия профилировки, что позволяет сохранить полное давление газа на более высоком уровне и улучшает условия его перемещения к источнику низкого давления. Если на поверхности (2) объекта давление внешнего потока переменное по длине каверны, то и массоотбор из каверны тоже будет переменным, т.к. местный расход газа в полость центрального тела зависит от перепада давления на входе воздухозаборника и в источнике низкого давления. Если при этом вдоль каверны меняется и градиент давления во внешнем потоке, то интенсивность массоотбора при неизменном проходном сечении воздухозаборника может не соответствовать оптимальным условиям безотрывного обтекания данного участка поверхности (2). Так, например, если градиент давления в потоке уменьшается вдоль каверны, то для присоединения пограничного слоя может оказаться достаточным более низкий уровень отсоса в зонах с меньшим градиентом давления, что и осуществляется за счет изменения местного проходного сечения воздухозаборника.

Аналогичным образом достигаются оптимальные условия образования сепаратрисы (19), когда в качестве средства фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя используются, соответственно, сопла (15) тангенциального вдува и каналы (16) отсоса. В этом случае вдоль каверны изменяются их расходные характеристики.



В случае применения группы каверн воздух из полости каждого центрального тела поступает в общий канал (17) эжектора посредством газопроводов (18). Поток газа в канале (17) эжектирует воздух из полостей центральных тел в общий тракт, причем количество эжектируемого газа  
5 может изменяться за счет изменения гидравлического сопротивления проточных каналов газопроводов (18), позволяя тем самым настраивать систему на оптимальные энергозатраты для отсоса из группы каверн, расположенных в направлении положительного градиента давления.

Приведенный выше материал свидетельствует, что при работе устройства устанавливается безотрывное обтекание поверхности объекта в области положительного градиента давления, и при этом в полости каверн вокруг центрального тела формируется такое течение, при котором полное давление отсасываемого воздуха будет более высокого уровня, чем это имело место в ближайшем аналоге. Кроме того, достигается лучшая  
10 управляемость потоком в кольцевом канале между центральным телом и каверной, что позволяет улучшить и условия обтекания поверхности объекта.

Все это свидетельствует, что изобретение позволяет уменьшить энергопотребление системы отсоса и улучшить аэродинамические характеристики объекта, то есть решить поставленную задачу.  
20

#### **Промышленная применимость.**

Изобретение может быть использовано в системе управления пограничным слоем на элементах конструкции летательных аппаратов, а также на других транспортных средствах, при движении которых возможно  
25 ухудшение аэродинамических характеристик, вызванное отрывом потока от их поверхности.

### Формула изобретения.

1. Устройство управления пограничным слоем, выполненное в виде образованных на поверхности объекта одной или нескольких полостей-каверн (1) в форме каналов, расположенных друг за другом вниз по потоку в поперечном к нему направлении, при этом полость каверны газодинамически связана с источником низкого давления и снабжена средством фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя, причем ширина каверны превосходит ее глубину и в каждой из каверн размещено адекватное по форме центральное тело (4) с образованием со стенками каверны кольцевого канала с внешним участком (5), ограниченным центральным телом и аэродинамической поверхностью (2) объекта, при этом ширина кольцевого канала меньше поперечного размера центрального тела, отличающееся тем, что центральное тело (4) выполнено полым и сообщено с источником низкого давления, а газодинамическая связь каверны (1) с источником низкого давления осуществлена посредством размещенных на поверхности центрального тела воздухозаборников (12), сообщенных с полостью центрального тела, при этом форма центрального тела и каверны выполнены с возможностью образования в ее кольцевом канале конфузурно-диффузорного проточного тракта.

2. Устройство управления пограничным слоем по п. 1, отличающееся тем, что средство фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя выполнено в виде острой передней кромки (7) каверны и притупленной задней кромки (8) каверны.

3. Устройство управления пограничным слоем по п. 1, отличающееся тем, что средство фиксации положения линии отрыва и локализации положения линии присоединения пограничного слоя выполнено в виде образованных на передней кромке каверны сопел (15) тангенциального вдува во внешний участок (5) кольцевого канала и каналов отсоса (16) на задней кромке каверны.

4. Устройство управления пограничным слоем по п.3, отличающееся тем, что сопла (15) тангенциального вдува и каналы отсоса (16) на задней кромке каверны (1) выполнены с переменным расходом по длине каверны.

5 5. Устройство управления пограничным слоем по п.1-4, отличающееся тем, что воздухозаборники (12) выполнены с переменным по длине каверны (1) проходным сечением.

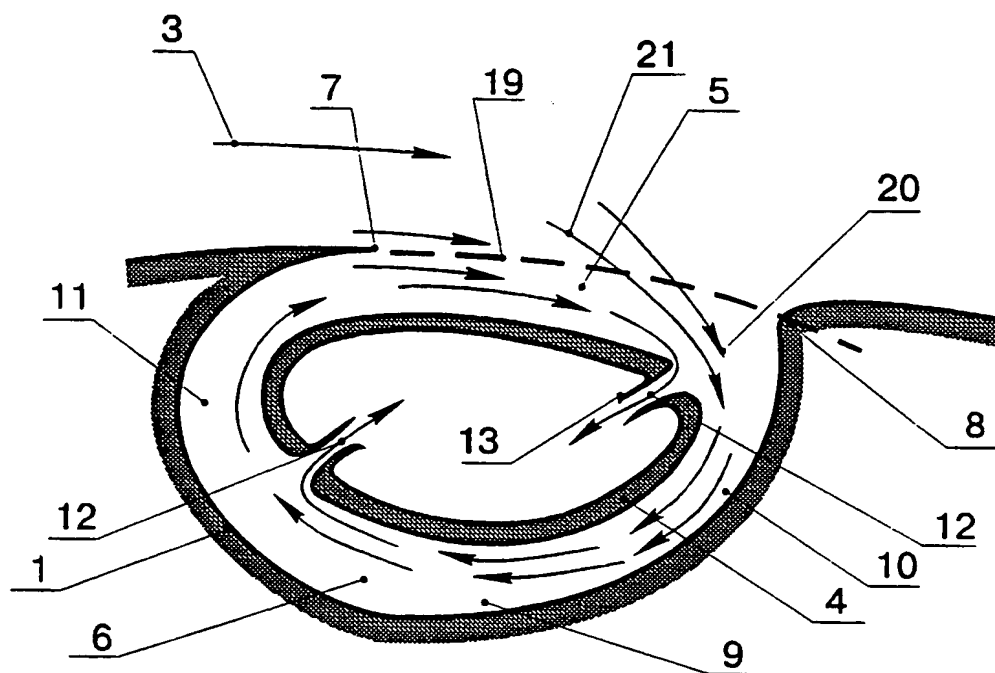
6. Устройство управления пограничным слоем по п.1-5, отличающееся тем, что воздухозаборники (12) выполнены в виде профилированных каналов с диффузорной выходной частью (13).

10 7. Устройство управления пограничным слоем по п.6, отличающееся тем, что профилированные каналы воздухозаборников (12) выполнены с тангенциальным к поверхности центрального тела (4) входным сечением (14).

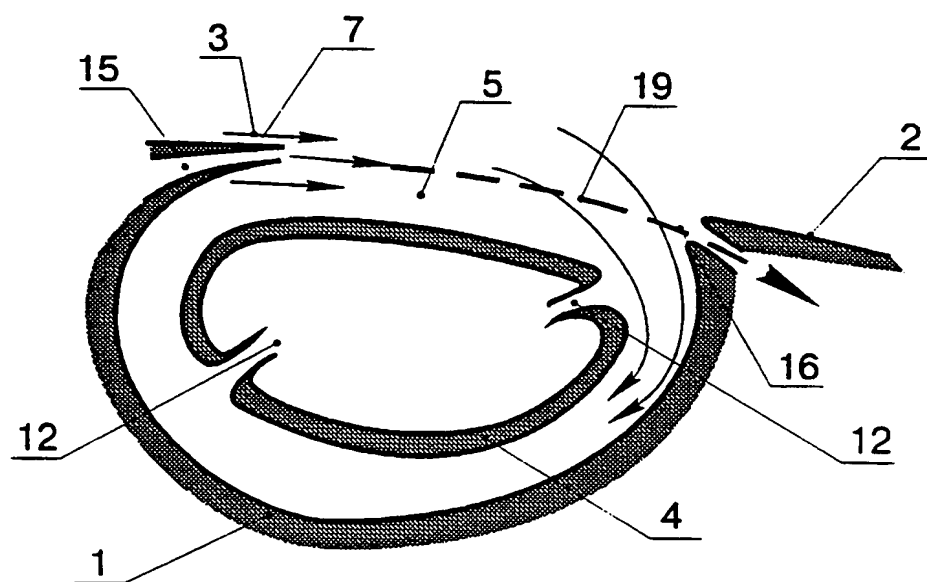
15 8. Устройство управления пограничным слоем по п.6, отличающееся тем, что профилированные каналы воздухозаборников (12) выполнены с нормальным к поверхности центрального тела (4) входным сечением (14).

9. Устройство управления пограничным слоем по п.1-8, отличающееся тем, что полость каждого центрального тела (4) сообщена с источником низкого давления посредством многоступенчатого эжектора с общим каналом (17) с возможностью регулирования расхода воздуха, поступающего в проточную часть канала из полости каждого центрального тела.

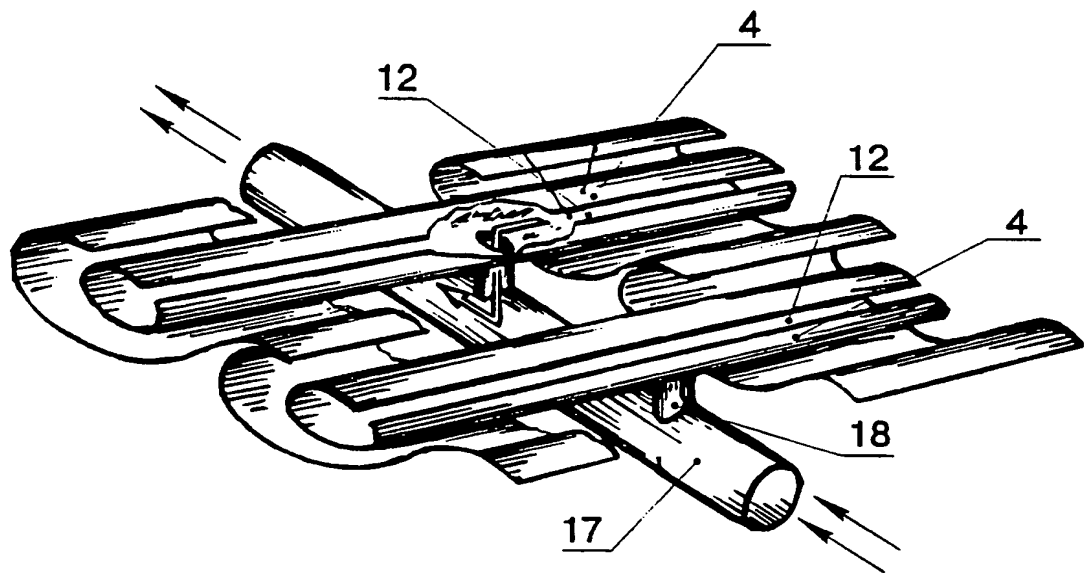
20



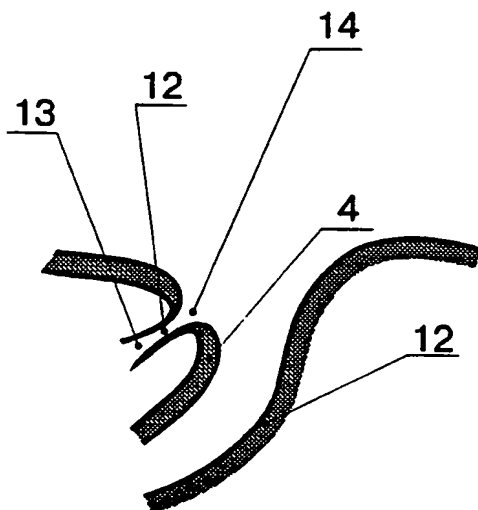
Фиг. 1



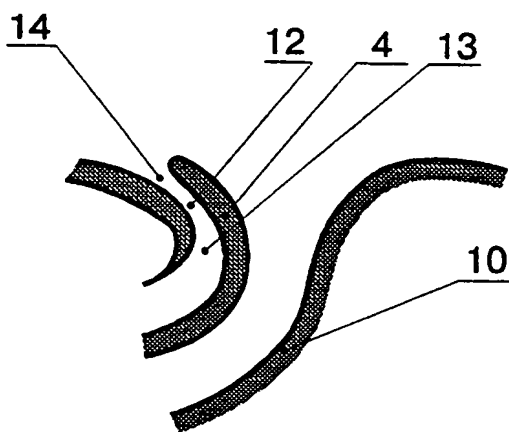
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 94/00198

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 6 B64C 21/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. 6 B64C 21/04, 21/06, 21/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE, C1, 584585 (MATHIAS HENTER), 21 September 1933 (21.09.33)	1-9
A	US, A, 2841182 (WESTING-HOUSE ELECTRIC CORPORATION), 1 July 1958 (01.07.58)	1
A	US, A, 2041793, (EDWARD A. STALKER) 26 May 1936 (26.05.36)	1
A	US, A, 2406916 (EDWARD A. STALKER), 03 September 1946 (03.09.46)	1
A	US, A, 4664345 (MESSERSCHMITT-BOELKOW-BLOHM GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAFTUNG) 12 May 1987 (12.05.87)	1
A	WO, A, 93/08076, (NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE PREDPRYATIE "TRIUMF"), 29 April 1993 (29.04.93)	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 1994 (16.11.94)

Date of mailing of the international search report

22 December 1994 (22.12.94)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No  
PCT/RU94/00198

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: B64C 21/08  
Согласно Международной патентной классификации (МКИ-6)

В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы): МКИ-6 B64C 21/04, 21/06, 21/08

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	DE, C1, 584585, (MATHIAS HENTER), 21 сентября 1933 (21.09.33)	1-9
A	US, A, 2841182, (WESTING-IRONSE ELECTRIC CORPORATION), 1 июля 1958, (01.07.58)	1
A	US, A, 2041793, (EDWARD A. STALKER), 26 мая 1936 (26.05.36)	1

☒ последующие документы указаны в продолжении графы С ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

\* Особые категории ссылочных документов:

"А" - документ, определяющий общий уровень техники.  
 "Е" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее.  
 "О" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.  
 "Р" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета.

"Т" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения.  
 "Х" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень.  
 "У" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории.  
 "&" - документ, являющийся патентом-аналогом.

Дата действительного завершения международного поиска  
16 ноября 1994 (16.11.94)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске  
22 декабря 1994 (22.12.94)

Наименование и адрес Международного поискового органа:  
Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1  
факс (095)243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

П. Снежко

тел. (095)240-58-88

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)



## С. (Продолжение) ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	US, A, 2406916, (EDWARD A. STALKER), 3 сентября 1946 (03.09.46)	1
A	US, A, 4664345, (MESSERSCHMITT-BOELKOW- BLOHM GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAFTUNG), 12 мая 1987 (12.05.87)	1
A	WO, A, 93/08076, (НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕН- НОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ТРИУМФ"), 29 апреля 1993 (29.04.93)	1-9